

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 550 455**

51 Int. Cl.:

**A61N 2/00** (2006.01)

**G06T 7/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **12.09.2007 E 07803437 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.07.2015 EP 2061556**

54 Título: **Método y aparato para corregir un error en el registro conjunto de sistemas de coordenadas usados para representar objetos visualizados durante la estimulación guiada del cerebro**

30 Prioridad:

**13.09.2006 US 825462 P**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

**10.11.2015**

73 Titular/es:

**NEXSTIM LTD. (100.0%)  
ELIMAENKATU 9B  
00510 HELSINKI, FI**

72 Inventor/es:

**RUOHONEN, JARMO;  
SIPILÄ, PERTTU;  
HURME, RAINE;  
ILMONIEMI, RISTO y  
KARHU, JARI**

74 Agente/Representante:

**DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto**

**ES 2 550 455 T3**

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

## DESCRIPCIÓN

Método y aparato para corregir un error en el registro conjunto de sistemas de coordenadas usados para representar objetos visualizados durante la estimulación guiada del cerebro

### Campo de la invención

- 5 La presente invención se refiere generalmente a la estimulación magnética transcraneal y, más particularmente, a visualizar una representación precisa de una bobina de inducción de estimulación magnética transcraneal en relación con la cabeza de un sujeto durante la estimulación guiada del cerebro.

### Antecedentes de la invención

- 10 La estimulación magnética transcraneal ("TMS") usa una bobina de inducción en la que se genera un campo magnético variable con el tiempo para inducir un campo eléctrico ("E-field") dentro del cerebro. Las neuronas en los lugares del cerebro expuestos a un campo eléctrico suficientemente fuerte serán activadas, o estimuladas. En la estimulación magnética guiada del cerebro ("NBS"), el campo eléctrico inducido en el cerebro por un dispositivo de bobina de inducción de la TMS se muestra como una superposición sobre una visualización gráfica de una representación anatómica del cerebro del sujeto. Viendo la visualización, un usuario puede visualizar el campo eléctrico inducido en el cerebro y, por lo tanto, interactivamente colocar el dispositivo de bobina de inducción de la TMS, en tiempo real, en relación con el cerebro para estimular un sitio objetivo en el cerebro.

La siguiente adquisición de datos y los pasos de procesamiento son típicamente realizados como parte de la NBS.

1. Una representación de datos segmentados del cuero cabelludo o superficie de la cabeza de un sujeto se genera a partir de datos representativos de la configuración anatómica de la cabeza del sujeto. Típicamente, los datos representativos de imágenes de la formación de imágenes por resonancia magnética ("MRI") bidimensional ("2D") de la cabeza del sujeto, que fueron previamente obtenidos mediante el uso de técnicas de MRI convencionales, y en donde se procesan las imágenes que incluyen al menos el cerebro, las porciones superiores del cráneo y el tejido adherido y el cartílago mediante el uso de algoritmos de soporte lógico bien conocidos, para generar una representación tridimensional ("3D") volumétrica de la cabeza. A continuación se procesa la representación tridimensional de la cabeza, mediante el uso de algoritmos de soporte lógico bien conocidos para generar una representación de datos segmentados de la superficie de la cabeza del sujeto.

2. Se ponen en práctica unos elementos de seguimiento para disponer que el lugar y la orientación de un dispositivo de bobina de inducción de una TMS con respecto a la cabeza de un sujeto puedan ser seguidos. Como es convencional en la técnica, unos marcadores reflectantes fácilmente identificables (seguidores) se colocan en unos puntos seleccionados en la cabeza del sujeto y también en el dispositivo de bobina de la TMS para permitir el registro automático de las coordenadas de los puntos en 3D. Cuando las coordenadas de al menos tres de tales puntos en la cabeza y de al menos tres de tales puntos en el dispositivo de bobina de la TMS han sido registrados, los valores de las coordenadas de todos los seis grados de libertad de estos objetos han sido determinados. Por ejemplo, los seguidores en el dispositivo de bobina de la TMS pueden ser una porción de un dispositivo de seguimiento unido al dispositivo de bobina de la TMS, como está descrito en la Solicitud de Patente de EEUU de DISPOSITIVO DE BOBINA DE INDUCCIÓN DE LA ESTIMULACIÓN MAGNÉTICA TRANSCRANEAL CON UNA PORCIÓN DE UNIÓN PARA RECIBIR EL DISPOSITIVO DE SEGUIMIENTO, Serie N° 11/847.511 presentada el 30 de Agosto de 2007, cedida al cesionario de esta solicitud e incorporada aquí por referencia. Las coordenadas de los seguidores se registran mediante el uso de una cámara especializada, como es convencional en la técnica.

3. Se realiza un procedimiento de registro conjunto, el cual correlaciona los datos representativos de las posiciones de los seguidores en el dispositivo de bobina de la TMS y en la cabeza del sujeto durante una calibración de seguimiento con los datos de la imagen a partir de los cuales se genera la representación tridimensional de la cabeza del sujeto. Típicamente, en una calibración de seguimiento se colocan varios puntos de referencia en la cabeza en los que los seguidores están situados, tal como puntos en cada oreja y en la nariz, se señalan en las imágenes bidimensionales de la MRI o, si está disponible, la imagen volumétrica tridimensional de la cabeza. Los mismos puntos se señalan también en la cabeza del sujeto mediante el uso de un seguidor de pluma de digitalización, que también incluye seguidores reflectantes. A continuación se recogen los datos de seguimiento representativos de las posiciones de los seguidores en el dispositivo de bobina de la TMS y en la cabeza del sujeto cuando cada uno de los puntos es señalado por el seguidor de pluma. Después de realizar tales correspondencias punto a punto o concordancias punto a punto, se calcula una transformación que alinea el sistema de coordenadas usado para representar la cabeza en los datos de la imagen de la MRI con el sistema de coordenadas usado para representar las posiciones relativas de los seguidores durante la calibración. Se puede mejorar la calidad de la transformación, por ejemplo, al menos en el sentido de los mínimos cuadrados, realizando una concordancia punto a punto adicional que, a su vez, mejora la precisión de la NBS.

4. En una visualización de la NBS, se muestra típicamente lo siguiente: una representación gráfica del dispositivo de bobina de la TMS, en particular preferiblemente sólo la carcasa del dispositivo de bobina de la TMS en el que están contenidos los devanados de la bobina, en relación con una representación gráfica del cuero cabelludo; una representación gráfica de una porción del cerebro en una profundidad seleccionada; y el campo eléctrico

inducido en la porción del cerebro por el dispositivo de bobina de la TMS como una superposición sobre la representación de la porción del cerebro. De este modo, la visualización provee al usuario de una representación visual de la posición y la orientación de la carcasa, y de este modo los devanados de la bobina del dispositivo de bobina de la TMS, en relación con la cabeza y el cerebro, y también el campo eléctrico inducido en el cerebro, cuando el usuario guía el dispositivo de bobina de la TMS en relación con la cabeza del sujeto. La calidad de la transformación calculada en el registro conjunto (3. anterior) afecta a la precisión de las representaciones mostradas en la visualización y, de este modo, a la precisión del guiado. Como es bien conocido en la técnica, el campo eléctrico inducido por los devanados de la bobina se calcula mediante el uso de una forma de cabeza o modelo de distribución de conductividad de la cabeza, por ejemplo, un modelo esférico, tal como está descrito en Ravazzani, P. y otros, "Estimulación magnética del sistema nervioso: campo eléctrico inducido en medios ilimitados, semiinfinitos, esféricos, y cilíndricos", *Annals of Biomedical Engineering* 24: 606-616, 1996, incorporado aquí por referencia, y basado en un modelo de la forma y situación de los devanados de cobre dentro de la carcasa del dispositivo de bobina de la TMS. El campo eléctrico se muestra típicamente en la representación de la porción del cerebro mediante el uso de colores para indicar la potencia del campo eléctrico, que ayuda al usuario en el guiado del dispositivo de bobina de la TMS para estimular lugares objetivo en la porción del cerebro. La precisión de la representación de la porción del cerebro, en una gran parte, determina la precisión de la representación del campo eléctrico inducido en la porción del cerebro mostrada en la visualización y, de este modo, hace un gran efecto sobre la precisión con la que el usuario puede guiar el dispositivo de bobina de la TMS para estimular lugares objetivo en el cerebro.

No obstante, las técnicas de registro conjunto de la técnica anterior son propensas a errores, los cuales pueden provocar imprecisiones en la visualización de la posición del dispositivo de bobina de la TMS y en el campo eléctrico resultante en la visualización de la NBS y, de este modo, provocar imprecisiones durante la NBS. Las fuentes de error más críticas en el registro conjunto son las siguientes:

1. La concordancia imprecisa de la forma física de la cabeza y de las imágenes de la MRI. La recogida de los datos de imágenes de la MRI típicamente incluye una distorsión geométrica que afecta a la forma de la cabeza detectada. Por ejemplo, la distorsión geométrica puede hacer que una esfera perfecta parezca un elipsoide en una visualización. Además, la segmentación de datos de los datos de la imagen de la MRI puede identificar de forma no precisa el cuero cabelludo, debido a imprecisiones en los datos de las imágenes de la MRI en valores del nivel de gris de los vóxeles que representan puntos cerca de la superficie del cuero cabelludo. Como los datos de imágenes de la MRI actualmente obtenibles típicamente sólo tienen una resolución suficiente para proporcionar la generación de una representación tridimensional del volumen de la cabeza mediante el uso de vóxeles de 1mm x 1mm x 1mm, el tamaño de voxel obtenible limita la precisión de los datos de las imágenes de la MRI representativos de solamente la cabeza. Además, los datos de la MRI incluyen otras imprecisiones que son fuentes de la distorsión geométrica.

2. Los seguidores en la cabeza se mueven con respecto a la cabeza durante el procedimiento de la NBS. Si los seguidores en la cabeza se mueven con respecto a la cabeza, el registro conjunto es invalidado y debe ser repetido. El movimiento de los seguidores sobre la cabeza puede no ser detectado cuando un paciente está siendo sometido a un procedimiento de NBS mediante el uso de un dispositivo de bobina de la TMS. Para los procedimientos ordinarios de los pacientes de la NBS no es factible o práctico fijar los seguidores a la cabeza del paciente, lo que puede requerir atornillar los seguidores en la cabeza.

3. La concordancia punto a punto no es posible. Como los datos de imágenes de la MRI tienen una resolución limitada, por ejemplo, haciendo posible una representación volumétrica de la cabeza en donde los vóxeles sean  $1 \times 1 \times 1 \text{ mm}^3$ , es muy difícil, si no imposible, señalar precisamente los mismos puntos en la cabeza y también en la representación volumétrica de la cabeza generada a partir de datos de imágenes de la MRI. La imprecisión en la selección de los puntos de referencia durante una calibración de seguimiento lleva a errores de guiado durante la NBS.

La concordancia imprecisa de los datos de imágenes de la MRI con la cabeza del sujeto, y el impreciso guiado del dispositivo de bobina de la TMS en relación con la cabeza, son realmente visibles en una visualización de la NBS. Por ejemplo, durante la NBS, un usuario del dispositivo de bobina de la TMS normalmente coloca el dispositivo de bobina de la TMS de modo que su carcasa toque el cuero cabelludo durante la estimulación. Cuando el usuario coloca el dispositivo de bobina de la TMS sobre el cuero cabelludo, con la superficie exterior de la carcasa del dispositivo de bobina de la TMS tocando el cuero cabelludo, el dispositivo de bobina de la TMS debería parecer que toca el cuero cabelludo, donde el sistema de coordenadas usado para representar las posiciones de los seguidores en el dispositivo de bobina de la TMS y la cabeza es registrado conjuntamente de manera precisa con el sistema de coordenadas de los datos de la imagen de la MRI representativos de la cabeza. No obstante, los errores antes mencionados en registro conjunto típicamente hacen que el dispositivo de bobina de la TMS aparezca en la visualización de la NBS bien encima del cuero cabelludo o dentro de la cabeza, lo último de lo cual es imposible.

No es deseable detener un procedimiento de la NBS, y repetir la recogida de información de seguimiento procedente de los seguidores como parte de otra calibración de seguimiento, de modo que se pueda realizar otra transformación y, por lo tanto, facilite que la visualización de la NBS muestre el dispositivo de bobina de la TMS en relación con la cabeza basado en un registro conjunto actualizado.

Ettinger y otros (“Correlación funcional no invasiva del cerebro mediante el uso de una estimulación magnética transcraneal registrada”. Actas del Seminario IEEE sobre Métodos Matemáticos en Análisis de Imágenes Biomédicas, 21 de Junio de 1996, páginas 32-41, XP 002202005) describe un establecimiento de una correlación del cerebro mediante el uso de una estimulación magnética transcraneal registrada, en donde se sigue una sonda de estimulación magnética transcraneal. No obstante, el establecimiento de una correlación no permite una corrección de los datos de registro conjunto sin recoger datos de seguimiento adicionales. Fuera del campo de la estimulación magnética transcraneal, el documento US 6.490.473 B1 describe un sistema de colocación para determinar la relación entre un conjunto de coordenadas de un aparato de exploración tal como una MRI y un conjunto de coordenadas de un sistema de seguimiento para permitir determinar la posición de un objetivo seleccionado en una imagen de un paciente obtenida por el aparato de exploración en el conjunto de coordenadas del aparato de seguimiento y viceversa.

No obstante, existe todavía la necesidad de corregir un error en el registro conjunto de un sistema de coordenadas usado para representar la cabeza en los datos de la imagen de la MRI con la medida de la distancia.

En otra realización el controlador instruye al usuario del dispositivo seguido para que mantenga el dispositivo seguido en contacto con el cuero cabelludo, y corrige el registro conjunto basando en que es cero la distancia entre el dispositivo seguido y el cuero cabelludo.

### Breve descripción de los dibujos

Otros objetos y ventajas de la presente invención serán evidentes a partir de la descripción detallada que sigue de las realizaciones preferidas, cuya descripción debería ser considerada en conjunción con los dibujos que se acompañan en los que referencias iguales indican elementos similares y en los que:

la Figura 1 es un diagrama de bloques funcionales de un sistema de estimulación guiada del cerebro a modo de ejemplo para corregir un error en los datos de registro conjunto, de acuerdo con la presente invención,

la Figura 2 es una vista de la sección transversal de una visualización de la NBS a modo de ejemplo que muestra un dispositivo de bobina de la TMS colocado incorrectamente encima del cuero cabelludo de un sujeto, basado en un error en los datos del registro conjunto,

la Figura 3 es una vista de la sección transversal del sujeto de la Figura 2 en la visualización que sigue a la corrección de un error en los datos del registro conjunto, de acuerdo con la presente invención.

### Descripción detallada de la invención

En la NBS, una visualización muestra típicamente la posición de un dispositivo de bobina de la TMS en relación con el cuero cabelludo de un sujeto, mientras que el usuario mueve el dispositivo de bobina de la TMS para estimular los sitios objetivo sobre el cerebro. Véase, por ejemplo, la Patente de EEUU N° 6.827.681, incorporada aquí por referencia. Para generar tal visualización, un sistema de coordenadas usado para representar la cabeza del sujeto en datos de la imagen, tales como los datos de imagen de la MRI, se correlacionan con un sistema de coordenadas usado para representar las posiciones de los seguidores en el dispositivo de bobina de la TMS y la cabeza, mediante el uso de algoritmos para transformar sistemas de coordenadas diferentes en un único sistema de coordenadas registrado conjuntamente bien conocido y convencional en la técnica.

La Figura 1 ilustra un sistema 10 de la NBS que correlaciona los sistemas de coordenadas usados para generar representaciones de los objetos mostrados en una visualización de la NBS, tal como, por ejemplo, un dispositivo de bobina de la TMS, una cabeza y el cuero cabelludo de la cabeza, mientras que un usuario mueve el dispositivo de bobina de la TMS para estimular los sitios objetivo en el cerebro del sujeto y, de acuerdo con la presente invención, corrige un error en los datos de registro conjunto mediante el uso de información representativa de la distancia entre un dispositivo cuyo movimiento es seguido por el sistema 10 de la NBS, tal como, por ejemplo, un dispositivo 20 de bobina de la TMS del sistema 10 de la NBS, y el cuero cabelludo, sin requerir la recogida de datos de seguimiento adicionales de los seguidores en el dispositivo seguido de modo que se pueda realizar una calibración de seguimiento adicional. Con referencia a la Figura 1, el sistema 10 incluye un controlador 12 de la NBS acoplado a un dispositivo 14 de entrada, una visualización 16 y un sistema 18 de cámara de seguimiento. Además, el dispositivo 20 de bobina de la TMS incluye un sensor de proximidad 22 opcional. También, el sistema 10 incluye unos seguidores 24 situados en lugares predeterminados en el dispositivo 20 de bobina de la TMS y en la cabeza 30 de un sujeto.

El dispositivo 14 de entrada es un dispositivo de introducción de datos convencional, tal como un teclado, un ratón o un dispositivo de reconocimiento de voz, a partir del cual se pueden suministrar datos al controlador 12.

La visualización 16 es un dispositivo de visualización gráfica convencional, tal como un monitor CRT, una pantalla de LCD o de plasma, que recibe y a continuación genera una visualización gráfica a partir de los datos suministrados por el controlador 12.

El sistema 18 de cámara de seguimiento es un sistema de seguimiento convencional que incluye un transceptor de rayos infrarrojos que transmite unas señales de energía de IR y detecta las reflexiones de las señales de IR

transmitidas por los seguidores reflectantes 24, los cuales están situados sobre la cabeza 30 y el dispositivo 20 de bobina de la TMS y también en un seguidor de pluma de digitalización convencional (no mostrado). Basado en datos representativos de las reflexiones detectadas en el tranceptor de IR cuando los puntos seleccionados en la cabeza 30 son señalados mediante el uso de la pluma de digitalización durante una calibración de seguimiento, y los datos representativos de la forma de la carcasa 21 del dispositivo 20 de bobina de la TMS y la forma del cuero cabelludo 32, el procesador del sistema 18, mediante el uso de técnicas convencionales en la técnica, determina los lugares de los seguidores 24 en el dispositivo 20 de bobina de la TMS en relación con los seguidores 24 en la cabeza 30, y almacena una información representativa de los lugares determinados mediante el uso de un sistema de coordenadas predeterminado. Alternativamente, el controlador 12 procesa los datos de reflexión para determinar los lugares de los seguidores 24 y usa el sistema de coordenadas predeterminado para representar las posiciones de los seguidores 24 en el dispositivo 20 de bobina de la TMS y la cabeza 30 durante la calibración de seguimiento. Además, el sistema de seguimiento 18 genera y suministra de forma continua al controlador 12, durante la operación de la NBS, datos de seguimiento representativos de las posiciones del dispositivo 20 de bobina de la TMS y de la cabeza 30 mediante el uso del sistema de coordenadas predeterminado.

El dispositivo 20 de bobina de la TMS es un dispositivo de devanados de la bobina de inducción que incluye una carcasa 21 que contiene unos devanados de la bobina (no mostrados). La carcasa 21 tiene una superficie 26 exterior del fondo que está situada sobre o contigua al cuero cabelludo 32 para realizar la TMS.

El controlador 12 es un procesador convencional acoplado a una memoria (no mostrada) e incluye un dispositivo 13 de comunicación de datos inalámbrico convencional y un generador de audio 15 convencional. El procesador realiza unos algoritmos de soporte lógico codificados en la memoria para controlar el intercambio de datos con el dispositivo inalámbrico 13, el generador de audio 15, la visualización 16, el sistema 18 de seguimiento de la cámara y el dispositivo 14 de entrada. Además, el controlador 12 realiza un procesamiento convencional para generar representaciones gráficas de la cabeza 30, la superficie del cuero cabelludo 32 de la cabeza 30 y el dispositivo 20 de bobina de la TMS para visualizar en la visualización 16, para identificar la posición del dispositivo 20 de bobina de la TMS en relación con la cabeza 30 y el cuero cabelludo 32 y para hacer posible la visualización de las representaciones de la cabeza 30 y del dispositivo 20 de bobina de la TMS relativamente entre sí en la visualización 16. Además, el controlador 12 realiza opcionalmente una calibración de seguimiento mediante el uso de los datos suministrados por el sistema de seguimiento 18, y un registro conjunto para correlacionar los sistemas de coordenadas usados para representar la cabeza en los datos de la imagen de la MRI y la posición del dispositivo 20 de la TMS en relación con la cabeza 30 basado en los datos de seguimiento. Véase, por ejemplo, Ruohonen J. y otros, *"Modelización de la generación del campo de estimulación en la TMS"*, *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology Supplement* vo. 51 (1999) y Ravazzani P. y otros, *"Estimulación magnética del sistema nervioso: ilimitados, semiinfinitos, esféricos, y cilíndricos"*, *Annals of Biomedical Engineering* 24: 606-616, 1996, incorporados aquí por referencia, para una descripción de las técnicas de registro conjunto.

De acuerdo con la presente invención, durante o después del registro conjunto de un sistema de coordenadas usado para representar las posiciones de los seguidores 24 señalados durante una calibración de seguimiento con un sistema de coordenadas usado para representar una cabeza en datos de la imagen de la MRI a partir de los cuales se puede generar una imagen volumétrica de la cabeza, el controlador 12 corrige un error en los datos de registro conjunto mediante el uso de una información representativa de la distancia entre la superficie exterior 26 de la carcasa 22 del dispositivo 20 de bobina de la TMS y de la superficie del cuero cabelludo 32. La información de la distancia es suministrada al controlador 12 por un usuario a través del dispositivo 14 de entrada, o automáticamente por el sensor de proximidad 22.

En una realización, un usuario que usa el sistema 12 de la NBS para realizar una NBS con el dispositivo 20 de bobina de la TMS mueve el dispositivo 20 de bobina de la TMS con respecto a la cabeza 30 y ve la visualización 16, tal como está mostrada en la Figura 2, para determinar si el lugar del dispositivo 20 de bobina de la TMS mostrado en la visualización 16 es el mismo que el que el usuario observa directamente. Cuando el usuario mueve físicamente el dispositivo 20 de bobina de la TMS para hacer que la superficie exterior 26 haga contacto con el cuero cabelludo 32, el usuario conoce con precisión el lugar correcto real del dispositivo 20 de bobina de la TMS con respecto al cuero cabelludo 32 y la distancia entre el anterior y el último es cero. De este modo, cuando el dispositivo 20 de bobina de la TMS se muestra en la visualización 16 encima del cuero cabelludo 32 o dentro de la cabeza cuando el dispositivo 20 de bobina de la TMS es realmente situado por el usuario en contacto con el cuero cabelludo 32, los datos de registro conjunto contienen un error. Para corregir el error, el usuario en el dispositivo 14 de entrada suministra información al controlador 12 representativa de la distancia entre el dispositivo 20 de bobina de la TMS y el cuero cabelludo 32. La distancia real es cero mientras que el usuario mantiene el dispositivo 20 de bobina de la TMS situado de modo que un punto de la superficie exterior 26 toque físicamente el cuero cabelludo 32.

En una realización, el usuario introduce un "1" como una notificación de error en el dispositivo 14 mientras que mantiene un punto de la superficie exterior 26 del dispositivo 20 de bobina de la TMS que toca directamente el cuero cabelludo 32, y mientras la visualización 16 de la NBS muestra el dispositivo 20 de bobina de la TMS encima o debajo del cuero cabelludo 32. Cuando el controlador 12 recibe la señal de datos "1", el controlador 12 realiza un proceso para corregir los datos de registro conjunto del punto en el que el dispositivo 20 de bobina de la TMS está actualmente situado en relación con la cabeza 30. Después de los datos de registro conjunto de tal punto, la

visualización 16 muestra el dispositivo 20 de bobina de la TMS situado correctamente, directamente sobre el cuero cabelludo 32, como se muestra en la Figura 3.

5 En una realización a modo de ejemplo, cuando el usuario transmite la notificación de error al controlador 12, el controlador 12 determina la posición del dispositivo 20 de bobina de la TMS en relación con el cuero cabelludo 32 basado en los datos de seguimiento suministrados por el sistema 18 de seguimiento y obtenidos en el mismo o sustancialmente el mismo momento que la transmisión de la notificación de error por el usuario. El controlador 12 realiza a continuación un procesamiento para hacer concordar la posición del dispositivo 20 de bobina de la TMS representado por los datos de seguimiento obtenidos al mismo tiempo que la transmisión de la notificación de error a un punto en los datos de registro conjunto de forma precisa sobre el cuero cabelludo 32, actualiza los datos de registro del punto basados en tal concordancia, y a continuación renueva la visualización 16 para mostrar la representación del dispositivo 20 de bobina de la TMS directamente sobre el cuero cabelludo 32 basado en los datos de registro conjunto actualizados.

15 Al mismo tiempo que el usuario continúa realizando la TMS, se pueden calcular puntos de datos de registro conjunto corregidos adicionales, lo que aumenta la precisión general del registro conjunto y, de este modo, la precisión con la que el dispositivo 20 de bobina de la TMS es representado en relación con la cabeza 30 en la visualización 16. Los datos de registro conjunto corregidos son preferiblemente guardados en un archivo del paciente en la memoria del controlador 12, de modo que los datos de registro conjunto corregidos y la información de las coordenadas y orientación del dispositivo 20 de bobina de la TMS en relación con el cuero cabelludo 32 y el cerebro estén disponibles para los futuros procedimientos de la TMS realizados mediante el uso del sistema 10 de la NBS.

20 En otra realización, la información de la distancia y la posición del dispositivo 20 de bobina de la TMS en el momento en que la información de la distancia fue generada son guardados en la memoria del controlador 12 y son accesibles para corregir los datos de registro conjunto mientras que el usuario no está operando el dispositivo 20 de bobina de la TMS para estimular el cerebro (“modo fuera de línea”).

25 Ventajosamente, el sistema 10 de la NBS corrige un error en los datos del registro conjunto mientras que el usuario continúa realizando la NBS mediante el uso del dispositivo 20 de bobina de la TMS (“modo en línea”). El usuario no necesita corregir un error en el registro conjunto antes de comenzar el uso del sistema 10 de la NBS para realizar la TMS mediante el uso del dispositivo 20 de bobina de la TMS, o realizar otra calibración de seguimiento, que requiere la recogida de datos de seguimiento adicionales y detener cualquier procedimiento de la TMS en marcha que es realizado mediante el uso del sistema 10 de la NBS, cuando se detecta un error en el registro conjunto en el modo en línea. Cuando el controlador 12 es notificado del error, en otras palabras, la información de la distancia es suministrada al controlador 12, el sistema 10 de la NBS corrige el error en los datos de registro conjunto en el punto en el que el dispositivo 20 de bobina de la TMS está actualmente situado, y a continuación visualiza precisamente el dispositivo 20 de bobina de la TMS en la visualización 16 mediante el uso de los datos de registro conjunto corregidos.

35 En una realización alternativa, una pluma digitalizadora que incluye seguidores es movida de un punto a otro sobre el cuero cabelludo 32 de la misma manera antes descrita para el dispositivo 20 de bobina de la TMS. El controlador 12 usa una información representativa del lugar de la pluma suministrada por el sistema 18 de la cámara para corregir un error en los datos de registro conjunto en un punto en el que se muestra la pluma en la visualización 16 encima o debajo del cuero cabelludo 32. Se ha de entender que la misma calibración de seguimiento antes discutida para el dispositivo 20 de bobina de la TMS puede ser inicialmente realizada para la pluma.

40 En otra realización el controlador 12 corrige un error en el registro conjunto mientras que el sistema 10 de la NBS está en modo fuera de línea. La superficie exterior 26 del dispositivo 20 de bobina de la TMS, o el extremo de una pluma digitalizadora, está situado para tocar físicamente el cuero cabelludo 32. El controlador 12 procesa a continuación los datos de seguimiento representativos del lugar del dispositivo 20 de bobina de la TMS o de la pluma, que son recogidos en el sistema 18 al mismo tiempo, para corregir los datos de registro conjunto. El controlador 12 ajusta los datos de registro conjunto mediante el uso de la información de la distancia, por ejemplo, suministrados por el usuario 12 en el dispositivo 14, como se ha descrito antes, para hacer que el dispositivo 20 de bobina de la TMS o la pluma, como están mostrados en la visualización 16, se muevan hacia el centro aproximado de la cabeza 30 o del cerebro, o hacia el punto del cuero cabelludo 32 más cerca de la superficie exterior 26 del dispositivo 20 de bobina de la TMS, hasta cualquier punto en la superficie exterior 26 del dispositivo 20 de bobina de la TMS o que el extremo de la pluma toque el cuero cabelludo 32. Si el dispositivo 20 de bobina de la TMS o la pluma se muestran en la visualización 16 como que están dentro del cuero cabelludo 32, el dispositivo 20 de bobina de la TMS o la pluma son movidos en la dirección opuesta hasta que todos los puntos en la superficie exterior 26 del dispositivo 20 de bobina de la TMS o el extremo de la pluma, como se muestra en la visualización 16, estén fuera de la cabeza 30. En una realización posterior el controlador 12 calcula el campo eléctrico inducido en el cerebro, basado en los datos de registro conjunto corregidos, y almacena en su memoria los datos representativos del campo eléctrico inducido para facilitar el posterior análisis.

60 En una realización posterior, un procedimiento de registro conjunto realizado entre el sistema de coordenadas usado para representar los lugares del dispositivo de bobina de la TMS y la cabeza y el sistema de coordenadas usado para representar la cabeza en los datos de imágenes de la MRI incluye el uso de la información de posición recogida

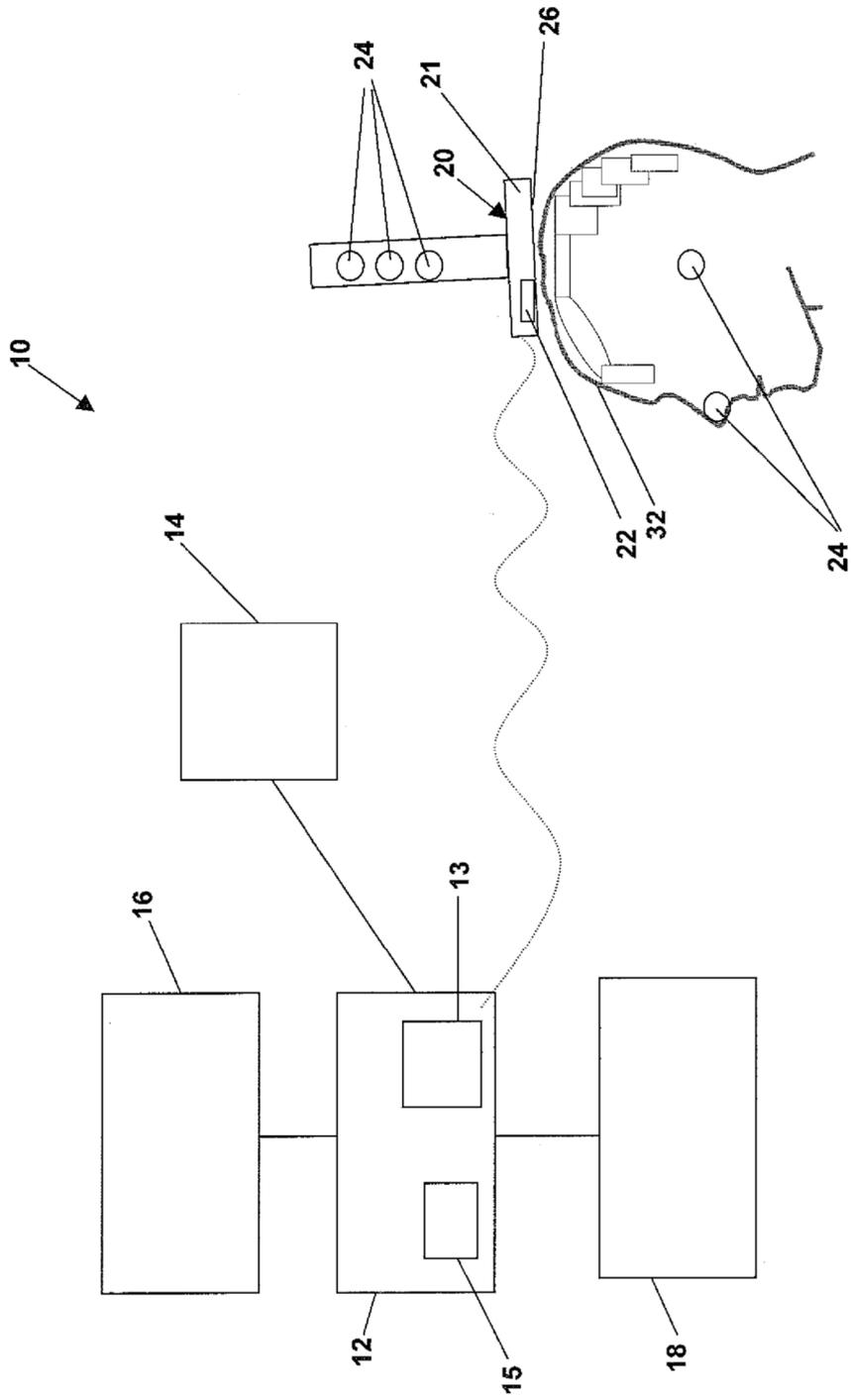
- de los seguidores en una pluma digitalizadora situada en una pluralidad de puntos adicionales en la superficie del cuero cabelludo 32 del sujeto que corresponden a los mismos puntos en una representación en el cuero cabelludo generada a partir de los datos de imágenes de la MRI. El controlador 12 realiza el registro conjunto con la información adicional de la posición trasladando y rotando el sistema de coordenadas representativo de los datos de la imagen de la MRI de la cabeza de modo que la distancia de los puntos adicionales a la superficie del cuero cabelludo 32, como ha sido determinada a partir de los datos de imágenes de la MRI, se minimiza en un sentido de mínimos cuadrados. Véase, por ejemplo, K.S. Arun y otros, "Ajuste por mínimos cuadrados de dos conjuntos de puntos tridimensionales", IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 9(5):698-700 (1987), incorporado aquí por referencia, el cual describe un registro conjunto rígido.
- En otra realización, que se refiere nuevamente a la Figura 1, el sensor 22 de proximidad del dispositivo 20 de bobina de la TMS detecta si la superficie 26 del fondo de la carcasa 21 del dispositivo 20 de bobina de la TMS está tocando el cuero cabelludo 32. El sensor 22 de proximidad, por ejemplo, es un detector de distancias que mide la distancia desde el sensor 22 al cuero cabelludo 32 o a un marcador reflectante 24 unido a la cabeza 30. El sensor 22, que tiene una capacidad de comunicación de datos inalámbrica, comunica inalámbricamente la información representativa de la medida de la distancia al dispositivo 13 del controlador 12. Si la información de la distancia suministrada por el sensor 22 es que la distancia es distinta de un valor cero, el controlador 12 usa la información de la distancia para corregir los datos de registro conjunto de la posición actual del dispositivo 20 de bobina de la TMS en relación con el cuero cabelludo 32.
- En una realización el usuario mantiene el dispositivo 20 de bobina de la TMS encima del cuero cabelludo 32, por ejemplo, alrededor de 5 mm encima del cuero cabelludo, durante la NBS. El sensor 22 suministra la información de la distancia al controlador 12, y el controlador 12 en consecuencia tiene en cuenta esta distancia al corregir los datos de registro conjunto. El controlador 12, por ejemplo, realiza un procesamiento que rota y traslada la representación de la cabeza obtenida a partir de los datos de la imagen de la MRI y las coordenadas de la cabeza física hasta que se encuentre un registro conjunto que correlacione la superficie exterior 26 del dispositivo 20 de bobina de la TMS en una distancia de 5 mm de la superficie del cuero cabelludo 32 en la dirección a lo largo de una línea que se extiende entre los respectivos puntos en la superficie exterior 26 y la superficie del cuero cabelludo 32 que están más cerca uno de otro.
- En otra realización el controlador 12 monitoriza los datos de la visualización usados para representar el dispositivo 20 de bobina de la TMS y el cuero cabelludo 32 en la visualización 16, y genera una señal de alarma en el generador de audio 15 para alertar al usuario si el dispositivo 20 de bobina de la TMS se muestra en la visualización 16 como situado dentro de la cabeza 30.
- Ventajosamente, la corrección de los datos de registro conjunto, de acuerdo con la presente invención, en combinación con la generación de una representación digital precisa del dispositivo de bobina de la TMS, la superficie del cuero cabelludo o de cualquier otro objeto de interés, establece provechosamente que esa altamente precisa información sobre la forma y las dimensiones absolutas de la cabeza esté disponible para la NBS. La información precisa sobre la forma y las dimensiones absolutas de la cabeza, por ejemplo, puede ser usada para corregir las imprecisiones en escala y otras distorsiones espaciales en una imagen tridimensional anatómica o funcional de la cabeza obtenidas a partir de datos de la imagen de la MRI o la fMRI. Por ejemplo, las imprecisiones en la representación tridimensional de la cabeza generadas a partir de datos de la imagen de la MRI (bidimensional) de la cabeza pueden ser corregidas estirando o comprimiendo o mediante otras transformaciones, tal como está descrito en la Publicación de la Patente de EEUU N° 2006/052687 y la Patente de EEUU N° 6.594.516, cada una de las cuales está incorporada aquí por referencia. La corrección de las deformaciones en la representación de una cabeza generadas a partir de datos de imágenes de las MRI mediante el uso de la NBS se puede aplicar, por ejemplo, en la sala de operaciones, en la planificación de la cirugía etc.
- Aunque las realizaciones preferidas de la presente invención han sido descritas e ilustradas, será evidente a los expertos en la técnica que se pueden hacer varias modificaciones sin apartarse de los principios de la invención.

**REIVINDICACIONES**

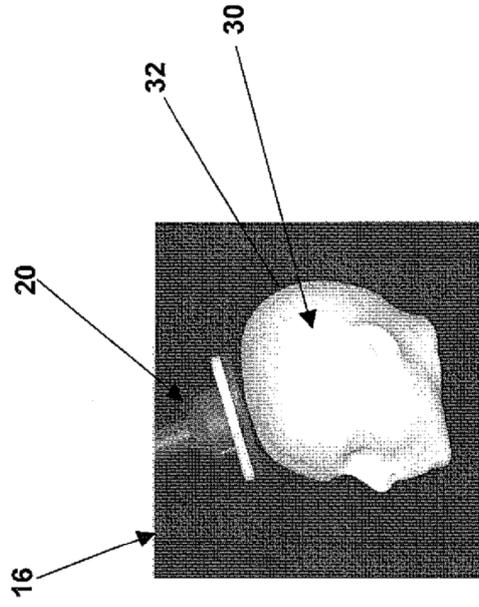
1. Un aparato para corregir un error en la colocación de una representación de un dispositivo seguido (20) en relación con una representación de una superficie del cuero cabelludo (32) de una cabeza (30), en donde las representaciones del dispositivo seguido y de la superficie del cuero cabelludo son generadas en conexión con la realización de una estimulación guiada del cerebro ("NBS") mediante el uso de un dispositivo de bobina de inducción de estimulación magnética transcraneal ("TMS"), el aparato comprende:
- 5 un procesador (12) adaptado para realizar un proceso de NBS que incluye los pasos de:
- recibir una información de la distancia representativa de una distancia real entre el dispositivo seguido (20) y la superficie del cuero cabelludo (32); y
- 10 corregir unos datos de registro conjunto mediante el uso de la información de la distancia, en donde los datos de registro conjunto son generados a partir de correlacionar un sistema de coordenadas de usado para representar la cabeza (30) del sujeto en datos de la imagen con un sistema de coordenadas usado para representar el lugar de los seguidores reflectantes (24) fijados en la superficie del cuero cabelludo (32) del sujeto y al dispositivo seguido (20), y
- 15 un dispositivo de entrada (14) y/o un sensor de proximidad (22) acoplado al procesador (12) y para suministrar al procesador (12) la información de la distancia.
2. El aparato de la reivindicación 1, en donde los datos de la imagen son datos de formación imágenes por resonancia magnética.
3. El aparato de la reivindicación 1, en donde el sensor de proximidad (22) está adaptado para determinar automáticamente la información de la distancia.
- 20 4. El aparato de la reivindicación 1, en donde el dispositivo seguido (20) es un dispositivo de bobina de la TMS y en donde el sensor de proximidad (22) está en el dispositivo de bobina de la TMS y está adaptado para medir una distancia entre un punto en el dispositivo de bobina de la TMS y un punto en la superficie del cuero cabelludo (32).
5. El aparato de la reivindicación 1, en donde el dispositivo de entrada (14) es operable por un usuario para suministrar una información de la distancia al procesador (12).
- 25 6. El aparato de la reivindicación 1, que además comprende:
- una visualización (16) acoplada al procesador (12), donde la visualización (16) es para visualizar la representación del dispositivo seguido (20) en relación con la representación de la superficie del cuero cabelludo (32) basada en los datos de registro conjunto corregidos.
7. El aparato de la reivindicación 1, en donde el dispositivo seguido (20) es un dispositivo de bobina de la TMS y en donde el procesador (12) está adaptado para recibir la información de la distancia mientras que un usuario opera el dispositivo de bobina de la TMS para estimular un lugar objetivo en un cerebro del sujeto.
- 30 8. El aparato de la reivindicación 1, en donde el dispositivo seguido (20) es un dispositivo de bobina de la TMS y en donde el procesador (12) está adaptado para recibir la información de la distancia mientras que un usuario mueve el dispositivo de bobina de la TMS en relación con la cabeza (30) sin estimular el cerebro.
- 35 9. El aparato de la reivindicación 1, en donde el dispositivo seguido (20) es un dispositivo de bobina de la TMS y en donde el procesador está adaptado para realizar la corrección de los datos de registro conjunto mientras que un usuario opera el dispositivo de bobina de la TMS para estimular unos lugares objetivo en un cerebro del sujeto.
10. El aparato de la reivindicación 1, en donde el dispositivo seguido (20) es un dispositivo de bobina de la TMS y en donde el procesador está adaptado para realizar el registro conjunto mientras que un usuario mueve el dispositivo de bobina de la TMS en relación con la cabeza (30) sin estimular el cerebro.
- 40 11. El aparato de la reivindicación 1, que además comprende:
- un dispositivo de entrada (14) y una visualización (16) acoplada al procesador, en donde el procesador (12) está adaptado a recibir información de la distancia desde el dispositivo (14) de entrada basada en la introducción de datos en el dispositivo (14) de entrada, en donde la visualización de la NBS está adaptada para mostrar la posición de la representación del dispositivo seguido (20) en relación con la representación de la superficie del cuero cabelludo (32), y en donde la introducción de datos por el usuario en el dispositivo (14) de entrada es realizable si el usuario observa en la visualización (16) que la posición representativa del dispositivo seguido (20) en relación con la superficie del cuero cabelludo (32) es diferente de la posición real del dispositivo seguido (20) en relación con la superficie del cuero cabelludo (32).
- 45

12. El aparato de la reivindicación 1, en donde el procesador (12) está adaptado para recibir dicha información de la distancia cuando la posición real del dispositivo seguido (20) es tal que el dispositivo seguido está tocando la superficie del cuero cabelludo (32).
13. El aparato de la reivindicación 1, que además comprende:
- 5 una pluma digitalizadora que incluye unos seguidores reflectantes (24), en donde el procesador (12) está adaptado para generar los datos de registro conjunto a partir de una información representativa de la posición de los seguidores reflectantes (24) de la pluma cuando la pluma está situada en unos puntos predeterminados a lo largo de la superficie del cuero cabelludo (32).
- 10 14. El aparato de la reivindicación 1, en donde el procesador (12) está adaptado para generar los datos de registro conjunto a partir de una pluralidad de correlaciones del sistema de coordenadas y la corrección de los datos de registro conjunto mediante el uso de la información de la distancia corrige al menos una de las correlaciones del sistema de coordenadas.
15. El aparato de la reivindicación 1, en donde el dispositivo seguido (20) es un dispositivo de bobina de la TMS, y el aparato comprende además:
- 15 un generador de sonidos audibles acoplado al procesador (12), en donde el generador de sonidos está adaptado para generar una alerta audible si un punto en la representación del dispositivo de bobina de la TMS está situado dentro de la cabeza (30), en relación con la representación de la superficie del cuero cabelludo (32) de la cabeza (30).
16. El aparato de la reivindicación 1, que además comprende:
- 20 una visualización (16) acoplada al procesador (12) y adaptada para visualizar las representaciones del dispositivo seguido (20) y la cabeza (30), en donde el procesador (12) está adaptado para corregir los datos de la imagen representativa de la cabeza (30) basado en los datos de registro conjunto corregidos y produce la visualización (16) de una representación de datos de la imagen corregidos de la cabeza (30) en la visualización (16).

FIG. 1



**FIG. 3**



**FIG. 2**

